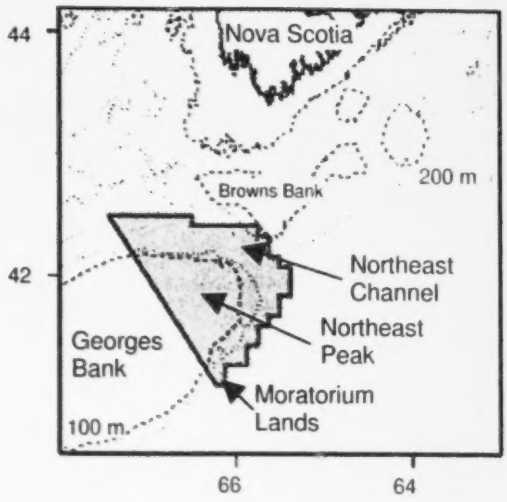
Fisheries and Oceans Maritimes Region
Pêches et Océans

DFO Maritimes Regional
Habitat Status Report 98/2E

The Possible Environmental Impacts of Petroleum Exploration Activities on the Georges Bank Ecosystem



Background

Georges Bank is a broad offshore bank on the continental shelf of the western North Atlantic, located between Cape Cod and the southwestern tip of Nova Scotia. The international boundary between Canada and the United States crosses the Bank, with the highly productive Northeast Peak belonging to Canada. This Bank has been the location of an intensive fishery for many species of groundfish, invertebrates and pelagic fish. Due to overfishing of some of the resources, severe fishery management measures have been taken in recent years by both the United States and Canada to rebuild and protect fish stocks on the Bank.

In 1981 and 1982, eight exploratory wells were drilled on the southern flank of the U.S. portion of the Bank. Interest was expressed at the time in conducting similar exploration activity on the Canadian portion of the Bank. In response to concerns about potential risks to the Georges Bank ecosystem from petroleum exploration, in 1988 the ministers of Natural Resources for Canada and Nova Scotia placed a moratorium on oil and gas activities on the Canadian portion of the Bank until January 1st, 2000. As a condition of the moratorium, a public review of the environmental and socio-economic impacts of exploration and drilling activity is required by July 1st, 1999. The Georges Bank Review Panel was set up to carry out this review and report to the ministers who are required to make a decision if the moratorium is to continue. The U.S. placed a moratorium on drilling activity on the continental shelf of the U.S., including the American portion of Georges Bank, in 1990. In the summer of 1998, the U.S. President extended this moratorium to the year 2012.

In response to a request from the Georges Bank Review Panel, the Department of Fisheries and Oceans (DFO) has reviewed the biological, physical and environmental status of Georges Bank. The purpose of the review was to assess the potential impacts of petroleum exploration activities on the Georges Bank ecosystem.

This assessment does not include consideration of potential impacts from development and production activity that might result if commercial reserves of hydrocarbons are discovered.

December 1998

Canada

Summary

- Georges Bank is an important offshore bank that has a number of features, which, in combination with its size, make it unique.

- Routine exploratory seismic activity might have a significant but temporary impact on adult fish behaviour and movement. This might affect fish catch rates and spawning behaviour.

- Routine operational exploratory drilling activity is likely to have only localised impacts on the ecosystem components reviewed. The actual impacts will be dependent on the location, timing of the activities, and the properties of discharges. There does exist a small probability that these impacts will have population and ecosystem level impacts.

- Exploration drilling would lead to a temporary loss of access to some portion of the fishing grounds, although the area lost would be relatively small. Seismic activity would lead to temporary space conflicts with fishing activities that would depend on the timing, location and the gear types involved. This conflict would be greatest during the summer months.

- There is a low probability of a large release of petroleum product from a well blowout. If this were to occur, it might have population and ecosystem level impacts.

- Routine exploratory seismic activity could have a localised impact on eggs and larvae depending on the time of year and location.

- Production activities were not reviewed but the impacts are expected to be different, both in scale and in nature, from those considered for exploratory activities. A review of specific production proposals is needed before any assessment of these can be carried out.

Introduction

The Georges Bank ecosystem supports a productive biological system with complex linkages among its component species. It exists in a dynamic environment and is subject to numerous physical influences having different spatial and temporal scales. Natural events include storms, that can quickly move both water and sediment large distances. Human influences include fishing activity that interact with populations of both harvested and non-harvested species and the benthic habitat supporting them. It is located on the important shipping routes between the U.S., Canada and Europe. In the early 1980s, it was the site of oil and gas exploration activity on the southern flank.

Georges Bank is one of the world's richest fishing banks, characterised by a marine ecosystem of high diversity. It has been heavily fished for more than a hundred years by many nations, and is of major economic and social importance to coastal communities in Canada and the United States. Canada and the U.S. share jurisdiction over the Bank. Both have fisheries management programs aimed at rebuilding and sustaining the fisheries stocks and the supporting ecosystem.

The intent of this review was to provide a peer-reviewed summary of the possible impacts from petroleum exploration on the Georges Bank ecosystem. It updates information published a decade ago

(Gordon, 1988) by incorporating information from DFO and the National Marine Fisheries Service (NMFS) assessment surveys, research activities and new initiatives supported by the Panel on Energy Research and Development (PERD) and the U.S. Global Ocean Ecosystem Dynamics Study (GLOBEC). It is important to note that the results of these two research initiatives are presently being compiled and will provide additional relevant information.

A decision was made at the start of the review to focus on the potential impacts of exploration activity. The exploration scenario considered here as the most likely one, is a seismic survey phase lasting from 20 days to 2 months, followed by the use of one offshore rig to drill 3 or 4 wells in succession. A successful exploration program may lead to proposals to develop identified reserves.

The impacts of development and production activity will depend heavily on the production scenario, which is unknown at this time. The production phase would involve more extensive activities, similar to the exploration phase, as well as some additional activities. Therefore, the potential impacts can be considerably different from the impacts of exploration activity and would require separate consideration.

Description of the Georges Bank Ecosystem

Topography

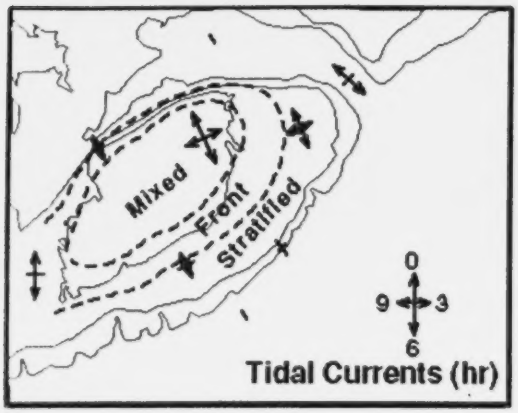
Georges Bank is a broad offshore bank located between Cape Cod and the southwestern tip of Nova Scotia. Its plateau and sloping sides cover an area of more than 40,000 km^2, of which about 7,000 km^2 is under Canadian jurisdiction and is a region known as the Northeast Peak. Water depths on the bank plateau vary from an area of shoals on the U.S. portion to a gentle slope between 60 and 100 m on the Northeast Peak. The Bank is bounded on the west by the Great South Channel with a depth of 70 m, on the north and east by the Gulf of Maine and Northeast Channel with depths near 300 m, and on the south by the continental slope. The latter is cut by rugged canyons. The sides of the Northeast Peak are steeply sloped with depth changes of more than 100 m in less than 10 km.

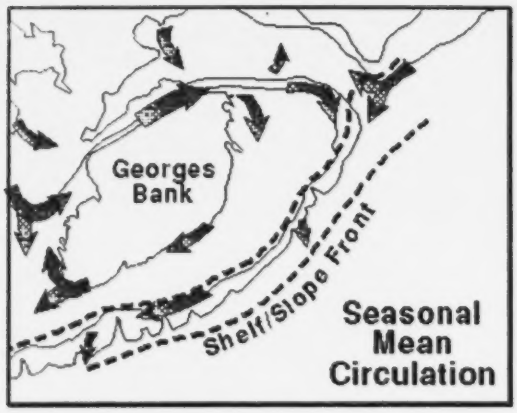
The Canadian moratorium lands cover an area of about 15,000 km^2, extending beyond the Bank and across the Northeast Channel to the southwest edge of Browns Bank.

Circulation, Hydrographic Structure and Mixing

The movement of water and particles on Georges Bank is primarily driven by tides, differences in water density and the wind. Its location at the mouth of the Gulf of Maine-Bay of Fundy tidal system and its shallow depths give rise to strong tidal currents, with peak speeds ranging from 0.2 metres per second (m/s) over its sides to more than 1.0 m/s over the crest. During a single tidal cycle, water moves in an elliptical pattern over distances up to 15 km.

On longer time scales, there is a persistent movement of water in a clockwise gyre around most of the Bank, at speeds of about 0.1-0.2 m/s but 0.2-0.4 m/s along its northern edge. This partial gyre intensifies in summer and fall, but is "leaky", with significant exchange with surrounding waters. It can be temporarily disrupted by episodic events such as storms and Gulf Stream ring intrusions.





Water and materials typically remain on the Bank for periods of 20-80 days. Materials in the lower water column, or those released on the central Bank, remain on the Bank for the longer periods of time. Materials near the sea surface, or released near the Bank edge, remain for shorter time periods. Water and materials remain on the Canadian portion of the Bank for shorter time periods than those for the Bank as a whole. On the crest of the Northeast Peak, materials released deep in the water column in winter and spring remain for the longest periods. From spring to fall, the gyre provides a mechanism for recirculation of materials and organisms inside about the 80-m contour around the Bank, with a circuit time of about 50 days.

The strong currents result in an area on the crest in which the water is well mixed from surface to bottom throughout the year. This is unusual for offshore areas. Over the sides of the Bank and in most surrounding areas, the water becomes stratified in the summer with warm water on the top and cold water on the bottom. In between the mixed and seasonally stratified waters, is a tidal-mixing front, with an intermediate level of vertical mixing, enhanced gyral circulation and a surface convergence zone. Such fronts are known to be important areas of biological production.

The high levels of turbulent mixing and current shears on Georges Bank provide a general tendency for relatively high rates of dispersion and dilution of materials. However, for materials and organisms near the sea surface, this can be at least partially offset by the concentrating effects of convergence zones at the tidal front and on the central Bank. Similarly, there may be near-bottom convergences associated with sandwaves and other bedforms that locally reduce dispersion rates.

In summary, the physical environment on Georges Bank has both dispersive features, such as the strong currents and vertical mixing, and retentive features, such as the partial gyre and surface convergence zones. The net effect of these contrasting influences on the movement and concentration of materials and organisms depends on the geographic location, vertical position in the water column, time of the year, the effect of storms and Gulf Stream rings, as well as the space and time scales of interest.

Surficial Sediments and Sediment Transport

The seafloor on Georges Bank consists primarily of sand and gravel deposited

during glacial periods. These sediments have been moved around by the strong currents, with much of the finer material being removed from the Bank. The remaining sediments are moved into various wavelike patterns at irregular intervals. Finer materials go into suspension and are redistributed with the water movements. The larger materials are moved along the bottom by bedload transport from the strong water movements near bottom. This is particularly evident over the central crest, where active bedforms, such as dunes and ripples, reach heights of 10's of meters.

An important consideration for the potential impacts of petroleum exploration activities is the movement of water and particles, both natural and human-induced, close to the seafloor. This portion of the water column is called the benthic boundary layer and differs from the overlying waters due to its strong vertical gradients in current speed and higher suspended particle concentration. On Georges Bank, the benthic boundary layer may be up to several tens of meters thick but the greatest changes often occur within just a couple of meters of the seafloor. The vertical sorting of particles, combined with the strong currents, causes "shear dispersion" as particles lifted to different heights above the seafloor are transported horizontally at different rates.

Biological Production

Georges Bank is one of the world's most productive offshore ecosystems. Phytoplankton and fisheries production is higher than in the neighbouring Gulf of Maine. The high phytoplankton production is related to the circulation patterns that import significant amounts of nutrients into shallower water depths where sunlight supports growth for a longer period than in adjacent waters. Growth rates of both cod and haddock on Georges Bank are considerably greater than those of the other northwest Atlantic stocks of these species. A distinctive characteristic of Georges Bank is that populations of bottom organisms are dominated by large filter feeders. Scallops, surf clams and ocean quahogs make up three-quarters of the biomass of the large, bottom dwelling organisms. The importance of filter feeders is related to the high primary production and high concentrations of food in the benthic boundary layer. Up to 15% of the total primary production of the Bank is exported off the Bank into deeper water. These deeper waters support offshore lobster and many demersal fish populations during the winter months.

Biodiversity

Georges Bank is a biogeographical transition area for plankton, benthos and fish associated with influences from both subpolar and subtropical water. For example, the Bank is at the southern limit of the range for north temperate groundfish species and the northern limit for south temperate species. About 100 groundfish species are regularly taken in trawl surveys from Cape Hatteras to Cape Chidley. Of these 60 have been found in the moratorium area. Thus the biodiversity of Georges Bank is high in relation to the contiguous shelf areas in the northwest Atlantic Ocean.

Commercially Important Species

The review primarily focused on the principal commercially important species because those are the species for which we have the most knowledge.

Scallop: The sea scallop is presently the most commercially valuable species on the Bank. This relatively immobile benthic bivalve is found in a number of areas on the

Bank but is most abundant on the Northeast Peak.

This filter feeder relies on phytoplankton and some resuspended detritus for food. The main spawning event takes place late in August to October with a minor one during May to June. Larvae are most abundant in the water column in areas of 60-100 m depth, the same areas where adults are most abundant. However, the depth range where scallops are present extends from 35 to 120 m. Scallops prefer a sandy, gravel bottom but will also settle on sand bottoms with shell debris. Scallops are sedentary once settled to the bottom.

Lobsters: Lobster occur on Georges Bank and adjacent slope and basin areas with the largest concentrations found in the canyons along the outer slope and to a lesser extent along the Bank's northeastern edge. On Georges Bank, the majority of mature lobsters undertake annual migrations between the deeper water (300-700 m) and the shoal waters in summer where they moult, mate and hatch their eggs. The larvae are hatched on the Bank in June and July and are in the water column for about a month before settling and moulting into the early benthic phase on the bottom.

The Gulf of Maine lobster population contains a number of sub-populations linked by movements of larvae and adults. The contribution Georges Bank larvae may make to other portions of the Gulf of Maine or the contribution of those areas to Georges Bank is not known.

Haddock: Georges Bank sustains a population of haddock with adult fish concentrated on the Northeast Peak in the spring, and moving to deeper water on the edge and slopes of the Bank during summer and fall. Most spawning occurs from March to April; eggs and larvae are planktonic. Eggs are most prevalent on the northeastern portion of Georges Bank. As larvae develop, they become distributed from the Northeast Peak along the southern flank of the Bank. Haddock are bottom feeders, with typical prey including crustaceans, molluscs, and annelid worms.

Cod: Georges Bank sustains a population of cod with adult fish concentrated on the Northeast Peak in the spring. Considerable exchange has been demonstrated with other parts of Georges Bank and the southern Scotian Shelf. Spawning activity peaks in February and March; eggs and larvae are planktonic. The distribution of early life history stages is generally similar to, but somewhat broader than, that of haddock. Larger cod are predominately fish eaters, but also include molluscs and crustaceans in their diet.

Pollock: The pollock on Georges Bank are part of a population that extends from southern Georges, through the Bay of Fundy and onto the Scotian Shelf. Spawning occurs from October to March. The planktonic eggs are most prevalent on the northern edge of the Bank. Pollock feed on krill, herring, sand lance and silver hake.

Yellowtail flounder: Georges Bank sustains a population of yellowtail flounder with adults occurring mostly the southern portion of the Northeast Peak. Spawning peaks in May and the eggs and larvae are planktonic. Spawning occurs throughout the Canadian portion of Georges Bank with larvae present on the southern half of the Bank from April to August. Yellowtail flounder is a bottom feeder, preying on polychaetes, amphipods and other invertebrates.

Herring: Atlantic herring are the most abundant commercial pelagic fish species on

the Bank. Although a large portion of the stock migrates to over-winter in the offshore waters south of Cape Cod, both adult and juvenile herring can be found on the Bank throughout the year. With the onset of spring, migratory herring return to the Bank where they remain for summer feeding. Spawning occurs between September and November primarily along the northern edge, from the Great South Channel to the Northeast Peak. In recent years, spawning has also been observed in the central portion near the international boundary that represents the southwest boundary of the moratorium lands. Herring produce demersal eggs, which adhere to the gravel/cobble substrate. The eggs hatch in 10-12 days. After hatching, the larvae, which are planktonic, can be found in the water column over the entire Bank for 4-5 months. Adult fish appear to leave the Bank shortly after spawning.

Mackerel: Adult mackerel occupy Georges Bank for about a month in the spring and the fall during their annual spawning migration to the Gulf of St. Lawrence and return to southern waters.

Tunas and Swordfish: The shelf and slope water of Georges Bank provide important foraging habitat for several large pelagic species (swordfish and tunas, including bluefin, bigeye, yellowfin and albacore) during their seasonal feeding migrations along the edge of the continental shelf. Although few fish are taken on the Bank, more than 25% of Canadian annual landings occur within the moratorium lands. In addition, immature swordfish and bluefin tuna are attracted to the Bank during the summer to take advantage of the plentiful prey.

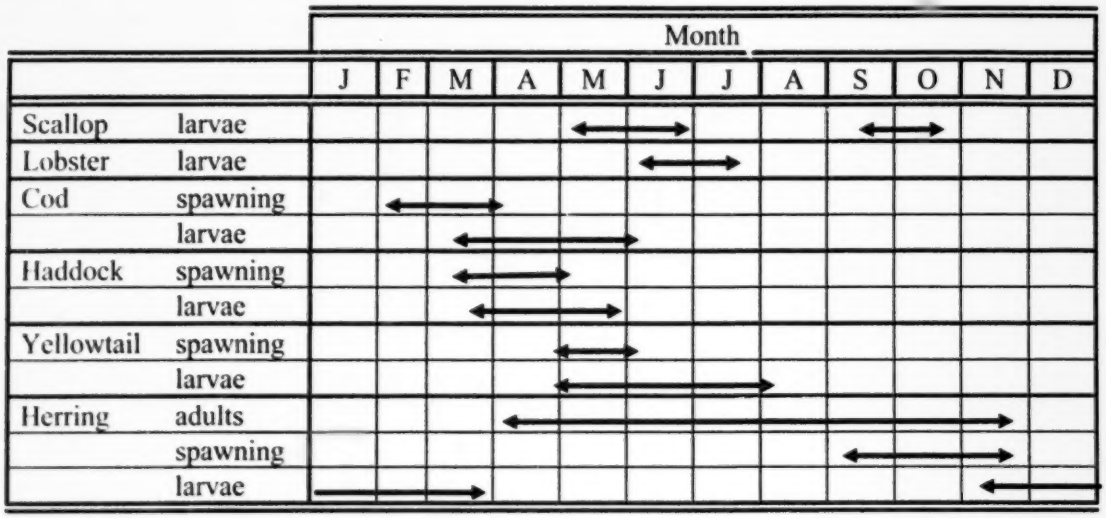
Sharks: Ten species of sharks frequent Georges Bank. Of these the spiny dogfish are the most abundant and are present in large numbers from early spring to late fall. Porbeagle sharks primarily migrate over the Bank as part of their annual migration north, however it is suspected that they over-winter and pup in late winter and early spring on the Bank. Basking sharks, which occur throughout the summer in the Gulf of Maine, including Georges Bank, are thought to utilise the Bank for mating.

Squid: The U.S. has commercially exploited short-finned and long-finned squid in the Gulf of Maine area. Both species migrate considerable distances, and are in the Gulf of Maine area only in summer and fall. The abundance of both species in the Gulf of Maine area is highly variable from year to year due to their short life span and highly migratory nature.

Seasonal Use of the Bank

The species described above spend some or all of their life stages on the Bank. For many of these species, the spawning period is a particularly sensitive time when their eggs and subsequently their larvae are exposed to natural and human-made perturbations. Because of the diversity of organisms that use the Bank, this area is used almost year-round as a spawning habitat.

Approximate peak times when activities or life stages of selected commercial species occur on Georges Bank.



Other Species of Interest

In addition to the species of commercial importance, there are numerous other species that are part of the ecosystem and interact biologically within the system. Some are essential as prey species, such as sand lance. Some are valued for non-commercial reasons, such as right whales, marine turtles and corals. Marine mammals are discussed below. Due to a lack of expertise, some ecosystem components were not considered in this review. Of particular note are seabirds that are an important component of the Georges Bank ecosystem and may be susceptible to the activities under review. There is substantial knowledge about seabirds in this area and the potential impacts of exploration activity on this important and sensitive ecosystem component needs to be addressed.

Marine mammals: Georges Bank is used by over two dozen whale and four seal species. Of the seals, only the grey is common to the Bank. Juveniles and adults forage in this area during the summer and fall. Breeding occurs on the Scotian Shelf and in the Gulf of St. Lawrence. Of the whale, dolphin and porpoise species, only a small number are abundant seasonally on the Bank, which is not a core distribution area for any of them. The range of these species is far broader than the moratorium area. They are observed during all seasons of the year. The relative seasonal abundance of the more common species is summarised here.

Relative seasonal abundance of the more common cetaceans on Georges Bank (adapted from Kenney *et al.* 1997).

	Season			
Species	Winter	Spring	Summer	Fall
Right whale		+	+	
Fin whale	+	++	+	+
Sei whale	+	++	+	+
Minke whale		+++	+	
Humpback whale		+	+	+
Sperm whale	+	+	++	+
Bottlenose whale		+		
Beaked whales		+	+	+
Pilot whales	+	+++	+++	+
Risso's dolphin		+	++	++
Bottlenose dolphin	+	++	++	+
White-sided dolphin	+	++	+++	+++
Common dolphin	+++	++	+	+++
Striped dolphin		+	++	++
Spotted dolphin			+	+
Harbour porpoise	+	+++		

+, ++, +++ corresponds to low, medium and high abundance

There is particular concern about the right whale that has a population of only about 300 individuals and is endangered. Right whales transit the area during migrations to and from wintering and summer feeding areas. Major feeding areas are to the west, north and east of the moratorium lands. The degree to which the moratorium lands are a regular part of the migration pattern is not known, but sightings have been made in the Northeast Channel in June and July and on the Bank in January. Significant threats to this species include collisions with large vessels and entanglement in fishing gear.

Fishing Activities

Georges Bank is one of the most important fishing areas in the North Atlantic. It supports a very diversified fishery with landings of scallops, lobster, groundfish and large and small pelagics. Recent landings for Canada and the United States exceed $100 million annually. Fishing activity by foreign and domestic fleets intensified in the years following World War II, leaving many stocks near collapse. Recently, both Canada and the U.S., following declaration of their 200-mile economic zones and the settlement of an international boundary dispute, instituted management programs to rebuild the stocks. While some stocks remain in a low or rebuilding state, scallops and lobsters are performing well. However, in general, groundfish stocks remain in a depleted, fragile state. The fishery is being conducted with low quotas, closed seasons and spawning season closures in order to facilitate the rebuilding of the biomass of these species.

Overall fishery yields are considerably less than those that might be expected if stocks rebuild. Examples are provided below for some of the more highly valued fishery resources. The methods of estimating the

potential yield and the uncertainty associated with the estimate vary depending upon the species.

Resource	Potential Yield (t)	Current Yield (t)
Scallops[1] (meats)	6,000	4,100
Lobster[2]	800	1,300
Cod[2]	20,000	3,500
Haddock[2]	45,000	2,900
Yellowtail flounder[2]	13,700	1,800
Herring[2]	100,000	2,900

[1] - Canadian landings
[2] - Canadian and U.S. landings

Uniqueness of Georges Bank

The Georges Bank ecosystem is biologically highly diverse with many distinct physical oceanographic and biological features. In combination, these features make Georges Bank a unique marine ecosystem with:

- a broad and shallow plateau influenced by subpolar and subtropical water masses and organisms, resulting in high biodiversity of species;
- strong and persistent tidal currents, resulting in high mixing rates, nutrient supply and overall dispersion;
- a partial gyre that typically provides a mechanism for recirculation and extended residence of a portion of the Bank's water during part of the year;
- a seasonal frontal system with enhanced around-bank drift, elevated phytoplankton production and near-surface convergence zones that may concentrate organisms;
- high productivity of phytoplankton, and fish;
- a relatively large number of commercially important fisheries on the Northeast Peak with benthic invertebrates including scallops and lobster, dominating the landed value; and,
- the co-occurrence on the Northeast Peak of spawning and nursery areas for many fish species.

There is a sound knowledge and description of most of these features, but their inter-relations, and the overall dynamics and basis for the resiliency of the ecosystem are not fully understood. While the unique features of Georges Bank provide a basis for special concern regarding impacts of petroleum activities, it is not clear whether they make the ecosystem more or less sensitive to such impacts.

Exploratory Activities and Their Potential Impacts

Seismics

Seismic exploration and possible impacts for the Scotian Shelf have been summarised in an assessment document prepared for the Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board (Davis *et al.* 1998). There is relatively little scientific knowledge available on the potential impacts of seismic activity on marine organisms. Recently, a conference on the subject was convened by the industry but the reports from that conference are not yet available. Based on the above assessment, it is expected that the following issues will be of concern:

- fish movement, such as the potential avoidance of favoured habitat and changes in catchability;
- fish behaviour; such as the potential impacts on spawning behaviour;
- the movement and behaviour of whales; and,

- potential mortalities of planktonic eggs and larvae.

The effects of seismic exploration on fish movement could interfere with commercial groundfish fisheries. During the period of the surveys, fishermen would lose access to the immediate area being surveyed. Fish behaviour is disturbed thereby potentially affecting catchability.

Lethal effects are expected to be limited to early life stages that come within 1-2 metres of the sound source. Thus impacts will be small and restricted to fish stocks with the sensitive life stages present in the upper water column. The acceptable practices of scheduling activity to avoid peak periods of spawning should make potential impacts minimal. However this approach would have to be used with caution on Georges Bank where spawning occurs throughout most of the year on various parts of the Bank as discussed above.

Exploratory Drilling

Exploratory drilling is required to confirm the presence of oil and gas products estimated from seismic surveys. This involves the operation of a drilling rig for a period of usually several months. Potential sources of impacts from routine activity include:

- infrastructure, such as ship movements, anchors, cables, debris, light and sounds;
- temporary loss of access to fishing areas;
- routine operational discharges; and,
- accidental discharges.

This assessment of impacts is based on an exploratory drilling scenario involving one rig drilling 3 or 4 wells, with 3 to 4 months being required to complete each hole.

Loss of Access: Most of the impacts from the infrastructure for the exploration phase will be transient. Exploration activities would lead to a loss of access to some portion of the fishing grounds while the drilling rig is on the site. The exclusion area depends on the type of drilling platform (semi-submersible, jack-up rig, or drill ship) but the area will range from 500 m to 1,000 m in radius around the site.

Operational Discharges: Two types of operational discharges are discussed here: cuttings and drilling muds. Cuttings are the pieces of rock, about the size of sand grains, produced from the drilling. Drilling muds are mixtures of various materials that are used during drilling primarily to seal the hole and to lubricate the drill bit. These discharges have a potential to cause both mortality and sublethal effects on marine biota. Water-based muds would be used during the exploratory phase. Under present Canadian regulations, routine discharges of drilling wastes are allowed during exploratory drilling with water-based muds.

The most direct effect to the ecosystem is smothering of benthic organisms by cuttings that might accumulate below the drill rig. Since the cuttings have a relatively large particle size, they settle rapidly and this impact tends to be localised. Based on the observations and experience at other offshore exploration and production sites, any mortalities due to physical or toxic effects of the cuttings are expected to be restricted to an area less than 0.5 km from the drilling rig. Because of the strong currents on the Bank, the cuttings pile would not be expected to persist any more than a couple of months after drilling ceased.

A recently developed numerical model for benthic boundary layer transport (*bbl*) provides estimates of the movement and

concentrations of drilling mud at various heights above the seafloor and distances from a discharge site. Model simulations have been carried out for different sites and seasons on Georges Bank based on a realistic scenario provided by the oil industry of a total mud discharge of 468 mt over the 93-day period of an exploratory well.

The model simulations and extensive sensitivity studies indicate that the processes affecting drilling mud concentration depend strongly on water depth, current strength at selected locations on Georges Bank and the settling rate of the mud particles in the water column. Highest near-bottom concentrations and hence potential benthic impacts of drilling mud occur in the relatively deep Stratified region, shown previously, as a result of relatively low suspension, dispersion and drift. Lowest near-bottom concentrations occur in the Mixed region on top of the Bank because of high suspension and dispersion. Intermediate concentrations occur in the Frontal region.

The focus of recent DFO research on the biological effects of drilling wastes has been on sea scallops which is the most valuable commercial species on Georges Bank. Studies include the modelling of water and material movement on the Bank and laboratory studies of the sensitivity of adult scallops to drilling muds. Given the nature of the exploration phase of offshore oil production, the risk of impact from drilling activities is greatest for sessile benthic organisms such as scallops. Estimates of near-bottom concentrations from the discharge simulations, together with the results of laboratory experiments, provide a basis for estimating potential impacts on adult scallops.

Laboratory experiments have shown that mortalities occur when adult scallops experience bentonite concentrations of 10 mg/l over periods of 30 days. The *bblt* model simulations provide estimates of the duration of high near-bottom concentrations of drilling mud around release sites in different regions of Georges Bank. The longest duration of concentrations exceeding 10 mg/l occur in the Stratified region, with values reaching 9 days at the release site in that region and falling off to 3 days at 5 km downstream for a relatively high settling velocity. In the Frontal region, the longest duration is about 1 day at the release site. These durations indicate that significant mortality of scallop populations from drilling mud discharges is unlikely for an exploratory well on Georges Bank.

Sublethal Effects of Operational Discharges: Recent research with sea scallops has shown that the growth and reproduction of adult scallops is highly sensitive to particulate drilling wastes as a result of the physical and chemical characteristics of the wastes. Biological responses to major water-based mud constituents, bentonite and barite, were used with the *bblt* model predictions of near-bottom mud concentrations to predict the spatial and temporal extent of impact zones around hypothetical exploratory drill sites on Georges Bank. The predicted zone of impact was highly sensitive to the settling velocity of the drilling waste. A conservative estimate of impact zones was obtained using a relatively high estimate of the settling velocity of flocculated drilling wastes.

The *bblt* model indicates that scallop growth reductions are greatest at the release point, decreasing rapidly within a few km from the discharge in most directions. The model also reveals a primary drift direction away from

the release site along which the impact decreases more slowly over distances between 10 and 40 km. The size of the predicted impact zone depends on the water depth and oceanographic conditions at the particular site.

Estimates of days of lost growth for scallops as a result of the discharge of drilling muds generated using the *bblt* model. Estimates are given for two different settling velocities averaged within circular areas with three different radii around the discharge point. The relative densities of scallops in the regions are also indicated.

Radius (km)	Settling Velocity (cm/s)	Region		
		Mixed	Front	Stratified
0.5	0.1	0	0	5
	0.5	2	15	40
2.0	0.1	0	0	3
	0.5	1	6	19
10.0	0.1	0	0	2
	0.5	0	3	11
Relative density of scallops		Low	Medium to High	Low to High

Higher bottom stress and stronger dispersion in the Mixed region on top of the Bank result in predicted near-bottom waste concentrations that are very low. This zone does not have commercial scallop stocks and it is highly unlikely that measurable impacts on scallop growth would occur here. The Frontal zone contains the majority of the scallop stocks on the Bank and the model predicts maximum growth losses in this zone, averaged over along the primary drift direction, to be less than five days during drilling of an exploratory well.

The zone of greatest potential impact on growth is along the side of the Bank in the Stratified water at depths greater than 100 m as shown above. The modelling predicts potential impacts in this zone up to 40 km away from the release site in the direction of primary drift. The predicted concentrations at this distance could be sufficiently high to prevent the growth of scallops for up to several weeks during the exploratory well scenario simulated. Scallop stocks along the side of the Bank tend to be less dense than in the Frontal region, but aggregations are found at various locations on the northeastern edge.

The model predictions of a loss of up to 10-20 days of reproductive growth could reduce the reproductive output of scallops by 5-10% within a 100-200 km^2 area on the side of the Bank. It is difficult to predict how this would alter recruitment to the scallop fishery. If such an impact occurred in a region of medium to high scallop stocks, it is possible that it could have a significant impact. However, as noted in the table above, it is probable that the effects will be less than discussed here. It is important to note that the model predictions are specific to the discharge of water-based muds containing equal proportions of bentonite and barite. Differences in the toxicity and

transport characteristics of drilling muds or a change in the timing of waste releases may result in different impacts on scallop stocks.

In established offshore petroleum fields, there has been occasional tainting of fish and shellfish, largely during the production phase and when oil-based drilling muds have been used and discharged into the environment. Tainting should not be a significant concern during routine exploration operations especially if water-based drilling muds are used.

Accidental Discharges: Spills are most often the result of human error and are more often associated with the transport of petroleum products and the operation of vessels than with offshore petroleum exploration. There is always the possibility of a spill from the drilling platform or a supply ship but the probability and potential size of such a spill during the exploratory phase is no greater than that from other vessel traffic in the area.

As with any drilling operation, exploration or production, there is a small chance of a large release of hydrocarbons into the environment as a result of a well blowout. Although all precautions against such an event are recommended, the probability still exists. In such an event, all ecosystem components are expected to be at risk. Due to the concentration of some life stages of certain species on the Northeast Peak and the presence of convergence zones, there is a chance that even a relatively small blowout could result in impacts on a significant portion of the population. Seabirds that frequent Georges Bank would be particularly vulnerable to spilled oil. Also of interest would be an accidental release of petroleum products at a time of strong persistent winds from the south. This could result in the drift of surface slicks toward southwestern Nova Scotia.

Summary: Under the scenarios considered, operational discharges into the water column and on the ocean floor of Georges Bank will result in some impacts on local organisms and there may be some impact on the ecosystem. It is expected that these impacts will be restricted in space to a small area (a few km on the Bank plateau to 10's of km on the side of the Bank) in the immediate vicinity and downstream of the drilling rig, and to a relatively short time (days to months). In particular, if drilling muds are released in areas with high scallop densities, significant loss of growth might occur. The extent of growth loss will depend on the time of year of the discharge and the properties of the discharge. Models, based on laboratory experiments, exist that can be used to quantify the potential impacts on scallops and can be used to evaluate any specific proposed exploration activities if the moratorium was not extended.

Multiple Exploration Wells

Due to the relatively small area of the Northeast Peak, its high productivity, and high fishing activity, the number of drilling rigs that might be used in exploration would be an important factor in potential impacts. While current thinking is that just one rig would be used to drill 3 to 4 successive wells, future circumstances might lead to proposals to have more than one rig drilling at a time, as occurred in the U.S. portion in 1981-82. The general pattern of currents tends to distribute water and particles widely throughout the ecosystem. The location and timing of activities would be critical to determining potential impacts.

Distant Impacts

There is evidence that biological components on the Bank provide contributions to stocks in other areas. This is certainly true with those species that migrate through the area such as the large marine mammals and large pelagic species. It may also be true for herring, cod and lobsters. Caution must be used in these situations and any review of specific exploration activities must consider linkages between the Georges Bank ecosystem and distant areas such as the Gulf of Maine, Bay of Fundy and western Scotian Shelf. It is expected that distant impacts would be less than local ones.

Additional Concerns Related to Production Activity

This review and assessment was limited to petroleum exploration activities. A review of production activities, that are unknown at present, and their potential impacts was not conducted. However it is important to note that there are many aspects of production activity that have potential impacts on the marine ecosystem. Some of these activities are the same as for the exploration phase but are greater in scale. Other activities are unique to the development and production phases. Relative to the exploration phase, these include:

- additional infrastructure, such as more or different platforms in place for a long time;
- new infrastructure, such as pipelines;
- different formulations of drilling muds;
- additional discharges, such as sewage and biocides;
- loss of access for the duration of the project;
- potential release of produced water; and,
- gas flaring.

Uncertainties

As with any complex assessment, there are uncertainties associated with various aspects of this review. However, Georges Bank has been, and continues to be, one of the most extensively studied regions of the world's oceans. Its physical oceanography in particular is generally well described and understood, to the point that numerical circulation and dispersion models are now available that provide realistic quantitative descriptions of the effects of the predominant tidal and seasonal-mean currents, and the unique features identified above. Its biological resources are also generally well described and many of their linkages to the physical environment and other trophic levels have been identified.

However, there remain many areas of incomplete understanding, such as the role of episodic perturbations on the physical regime, some predator-prey relationships, and the overall dynamics and resiliency of the ecosystem.

Recent studies of drilling mud properties, dispersion and impacts on scallops in laboratory experiments, combined with our understanding of the physical environment and description of the scallop resource on Georges Bank, provide a substantial knowledge base for estimating potential impacts on scallop populations. The strong tidal mixing and coarse natural sediments on the Canadian portion of the Bank provide strong support for the dispersion model's prediction of relatively rapid dilution of drilling wastes in the benthic boundary layer. Most of the approximations in the model are conservative, in the sense of

underestimating dispersion, and hence overestimating drilling mud concentrations, so that there is a moderate-to-high level of overall confidence in the predictions of drift, dispersion and mud concentrations. Confidence is highest for the shallower Mixed and Frontal zones where dispersion and suspension are highest, and where the highest density scallop beds occur, that is the Frontal zone. There is less confidence in the prediction for the Stratified zone that borders the densest scallop beds and where dispersion and suspension are lower.

The dispersion of drilling mud in the ocean is a complex phenomenon which is not fully understood and for which there are not adequate observations to validate a dispersion model in any rigorous sense. Thus, there is a small chance that drilling mud concentrations could be higher than predicted by the present dispersion model, but this is considered to be unlikely except for deeper areas away from the scallop beds.

There is uncertainty about the full range and nature of the impacts of drilling discharges on the ecosystem. Extensive studies have been conducted on the acute and sublethal toxicity of drilling muds to adult scallops and limited testing has been done with early life stages of sea scallop, lobster and haddock. These species and life stages are expected to be the most sensitive. However potential lethal and sub-lethal impacts of operational discharges on other marine resources, and the overall ecosystem structure and function, on Georges Bank have not been investigated.

Much of this review deals with average conditions of physical oceanography, biological populations and weather. In reality, there can be significant deviations from the mean that would affect the assessment of potential impacts.

Conclusions

Georges Bank has a number of distinct features which, in combination, result in a unique marine ecosystem. Routine exploratory seismic activity might have a significant impact on adult fish behaviour such as potentially affecting fish catch rates and spawning behaviour, and could also have a very localised impact on fish larvae, depending on the time of year and location. Routine operational exploratory drilling activity is likely to have only localised impacts on the ecosystem components reviewed. Actual impacts will be dependent on the location, timing of the activities, and the properties of discharges. There is a small probability that these impacts will have population and ecosystem level impacts.

There will be some temporary loss of access to fishing grounds during both the seismic surveys and exploration drilling. The total area that would be lost as a result of drilling activity is relatively small. The loss of access due to the seismic surveys will depend on the timing and location of the surveys and the types of fishing gear that are being used. The greatest potential for conflict is in the summer time when fishing activity is high and weather conditions for seismic surveys are optimal.

As with any petroleum exploration or production activity, there is a low probability of a large release of petroleum product from a well blowout that might have an effect on the ecosystem or populations. Current technology helps to reduce this probability but most blowouts are the result of human error, a factor that is difficult to regulate other than through the training requirements specified by Canadian regulations.

Potential impacts from production activities were not included in this assessment but the impacts are expected to be different than those considered for exploratory activities. There is a wide range of production scenarios depending upon many factors, such as the product being produced, the market, available technology and best practices at the time of development. The potential impacts will be dependent, to a large degree, upon the actual production scenario.

For more Information:

Contact: Paul Keizer
Fisheries and Oceans Canada
Marine Environmental Sciences Division
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, N.S. B2Y 4A2

Tel: (902) 426-6138
Fax: (902) 426-6695
E-Mail:
keizerp@mar.dfo-mpo.gc.ca

References

Boudreau, P.R. (ed.). 1998. The Possible Environmental Impacts of Petroleum Exploration Activities on the Georges Bank Ecosystem. DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc 98/170.

Davis, R.A., D.H. Thomson and C.I. Malme. 1998. Environmental Assessment of Seismic Exploration on the Scotian Shelf. Canada/Nova Scotia Offshore Petroleum Board. Halifax.

Gordon, D.C. (Ed). 1988. An Assessment of the Possible Environmental Impacts of Exploratory Drilling On Georges Bank Fishery Resources. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1633: iv + 31p.

Kenney, R.D., G.P. Scott, T.J. Thompson and H.E. Winn. 1997. Estimates of prey consumption and trophic impacts of cetaceans in the USA northeast continental shelf ecosytem.J. Northw. Atl. Fish. Sci. 22: 155-171.

Suggested Further Reading:

Backus, R.H., and D.W. Bourne. 1987. Georges Bank. The MIT Press, Cambridge Massachusetts. pp 593.

This report is available from the:

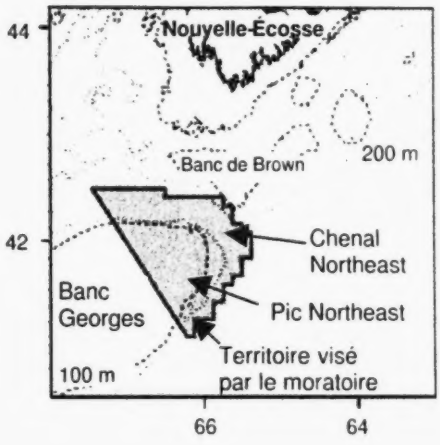
Maritimes Regional Advisory Process
Department of Fisheries and Oceans
P.O. Box 1006, Stn. B203
Dartmouth, Nova Scotia
Canada B2Y 4A2
Phone number: 902-426-7070
e-mail address: MyraV@mar.dfo-mpo.gc.ca

La version française est disponible à l'adresse ci-dessus.

Correct citation for this publication:

DFO, 1998. The possible environmental impacts of petroleum exploration activities on the Georges Bank ecosystem. DFO Maritimes, Regional Habitat Status Report 98/2E.

Incidences environnementales possibles des activités d'exploration pétrolière sur l'écosystème du banc Georges



Renseignements de base

Le banc Georges est un grand banc du large situé sur le plateau continental de la partie ouest de l'Atlantique Nord, entre Cape Cod et la pointe sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. La frontière canado-américaine le traverse, les eaux très productives du pic Northeast du banc se trouvant en territoire canadien. Ce banc fait l'objet d'une pêche intensive de nombreux poissons de fond, invertébrés et poissons pélagiques. En raison de la surpêche de certaines de ces ressources, les États-Unis et le Canada ont pris des mesures strictes de gestion des pêches ces dernières années pour reconstituer et protéger les stocks de poisson du banc.

En 1981 et 1982, huit puits d'exploration ont été forés sur le flanc sud de la partie américaine du banc. À l'époque, on s'est montré intéressé à de tels forages dans les eaux canadiennes du banc. En 1988, en réaction aux inquiétudes sur les risques possibles que représentait l'exploration pétrolière pour l'écosystème du banc, les ministres des Ressources naturelles du Canada et de la Nouvelle-Écosse ont déclaré un moratoire sur les activités pétrolières et gazières dans la partie canadienne du banc jusqu'au 1er janvier 2000. Ce moratoire exige la tenue d'un examen public des incidences environnementales et socio-économiques des activités d'exploration et de forage d'ici le 1er juillet 1999. La Commission d'examen sur le banc Georges a été créée pour procéder à cet examen et en rendre compte aux ministres qui doivent décider de la poursuite ou de l'arrêt du moratoire. À leur tour, les États-Unis ont déclaré un moratoire sur les activités de forage ayant lieu sur le plateau continental des États-Unis, y compris sur la partie américaine du banc Georges, en 1990. Au cours de l'été 1998, le président des États-Unis a prolongé ce moratoire jusqu'en 2012.

Comme suite à une demande de la Commission d'examen sur le banc Georges, le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a procédé à une évaluation des conditions biologiques, physiques et environnementales du banc Georges, dans le but d'évaluer les incidences possibles de l'exploration pétrolière sur l'écosystème du banc Georges.

Cette évaluation ne tient pas compte des effets possibles des activités de mise en valeur et de production, qui pourraient découler de la découverte de réserves commerciales d'hydrocarbures.

Sommaire

- Le banc Georges est un important banc du large, unique de par sa taille et de par la combinaison de ses diverses caractéristiques.

- Les travaux courants de recherche sismique pourraient avoir une incidence importante, mais temporaire, sur le comportement et la migration des poissons adultes, ce qui risquerait d'influer sur les taux de prises et sur la reproduction.

- Les travaux courants de forage exploratoire opérationnel n'auront vraisemblablement que des incidences localisées sur les éléments de l'écosystème qui ont été examinés. Les incidences réelles dépendront du lieu et de la période choisis pour ces travaux, ainsi que des propriétés des rejets. Il existe une faible probabilité d'incidences sur les populations et sur l'écosystème.

- Le forage exploratoire engendrerait une privation temporaire d'accès à une certaine partie, relativement petite, des lieux de pêche. Les travaux de recherche sismique occasionneraient temporairement des conflits d'utilisation de l'espace avec les opérations de pêche, qui dépendraient du lieu et de la période choisis ainsi que des engins de pêche employés. Ces conflits seraient plus marqués en été.

- Il existe une faible probabilité de déversement majeur de produits pétroliers par suite d'éruption incontrôlée. Si une telle éruption se produisait, elle risquerait d'avoir des incidences sur les populations et sur l'écosystème.

- Les travaux courants de recherche sismique pourraient avoir des incidences localisées sur les oeufs et les larves, selon le lieu et la période.

- On n'a pas étudié les incidences des opérations de production, mais on s'attend à ce qu'elles soient différentes de celles des activités d'exploration, tant par leur ampleur que par leur nature. Un examen préalable des scénarios de production proposés est nécessaire à toute évaluation de ces incidences.

Introduction

L'écosystème du banc Georges entretient un système biologique et productif comportant des liens complexes avec les espèces qui le composent. Situé dans un environnement dynamique, il subit de nombreuses influences physiques à des échelles spatiales et temporelles différentes. Il est le siège de phénomènes naturels comme les tempêtes, qui peuvent transporter rapidement l'eau et les sédiments sur de grandes distances, et d'activités humaines comme la pêche, qui a des effets à la fois sur les populations récoltées et sur celles qui ne le sont pas, ainsi que sur l'habitat benthique dont elles dépendent. Cet écosystème se trouve sur les grandes routes de navigation entre les États-Unis, le Canada et l'Europe. Au début des années 1980, des activités d'exploration pétrolière et gazière y ont été entreprises, sur le flanc sud du banc.

Le banc Georges est l'un des bancs de pêche les plus riches du monde. Il se caractérise par un écosystème marin d'une grande diversité. La pêche y a été pratiquée intensément pendant plus d'un siècle par de nombreux pays et il revêt une grande importance économique et sociale pour les communautés côtières du Canada et des

États-Unis. Il est du ressort territorial du Canada et des États-Unis, qui ont tous deux des programmes de gestion des pêches visant à reconstituer et à viabiliser les stocks de ressources halieutiques et l'écosystème dont ils dépendent.

La présente évaluation avait pour but de dresser un bilan sommaire, ayant fait l'objet d'un examen par les pairs, des incidences possibles de l'exploration pétrolière sur l'écosystème du banc Georges. Elle actualise des renseignements publiés il y a dix ans (Gordon, 1988) en y incorporant des données des relevés d'évaluation du MPO et du National Marine Fisheries Service (NMFS) ainsi que les résultats de recherches et de nouvelles initiatives appuyées par le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GRDE) et les responsables de la U.S. Global Ocean Ecosystem Dynamics Study (GLOBEC). Il importe de noter que les résultats de ces nouvelles initiatives de recherche sont en voie d'être colligés et fourniront d'autres données pertinentes.

Au début de l'évaluation, il a été décidé de se concentrer sur les incidences possibles de l'exploration. Le scénario d'exploration envisagé ici comme étant le plus plausible est un relevé sismique de 20 jours à 2 mois, suivi par le forage de 3 ou 4 puits successivement par une plate-forme de forage en haute mer. Un programme exploratoire qui serait couronné de succès pourrait aboutir à des propositions de mise en valeur des réserves découvertes.

Les incidences de la mise en valeur et de la production dépendront en large part du scénario de production, qui est actuellement inconnu. La phase de production ferait appel à des activités comparables à celles de la phase d'exploration, mais à plus grande échelle, et à des activités supplémentaires. Par conséquent, on peut considérer que ses incidences possibles différeraient considérablement de celles de l'exploration et nécessiteraient une étude distincte.

Description de l'écosystème du banc Georges

Topographie

Le banc Georges est un grand banc du large situé entre Cape Cod et la pointe sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Son plateau et ses flancs pentés couvrent une superficie de plus de 40 000 km^2, dont seulement 7 000 km^2 environ, représentant une région désignée pic Northeast, sont du ressort territorial du Canada. Les eaux du plateau du banc varient en profondeur, entre les basses de la partie américaine et une pente douce de 60 à 100 m sur le pic Northeast. Le banc est bordé à l'ouest par le chenal Great South, d'une profondeur de 70 m, au nord et à l'est par le golfe du Maine et le chenal Northeast, où les profondeurs approchent des 300 m, et au sud par le talus continental. Celui-ci est traversé par des canyons accidentés. Les flancs du pic Northeast sont en pente abrupte et comportent des variations de profondeur de plus de 100 m sur moins de 10 km.

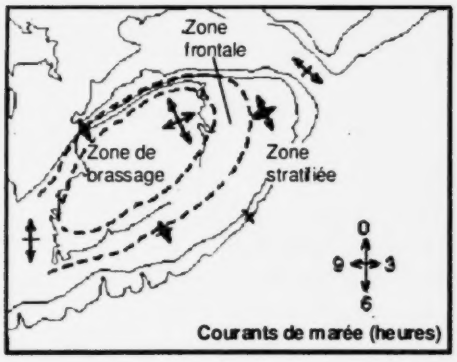
Le territoire visé par le moratoire canadien a une superficie d'environ 15 000 km^2; il s'étend au-delà du banc et en travers du chenal Northeast jusqu'au bord sud-ouest du banc de Brown.

Circulation, Structure hydrographique et brassage

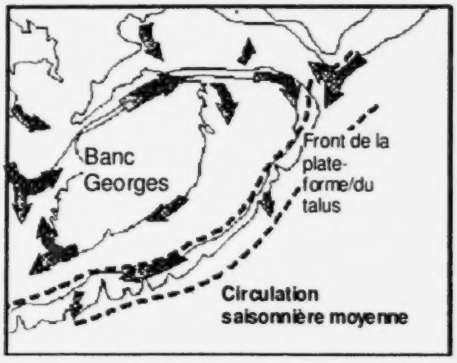
Le mouvement de l'eau et des particules sur le banc Georges est dû essentiellement aux marées, aux différences dans la densité de l'eau et au vent. Comme le banc se trouve à l'embouchure du système de marées du golfe du Maine et de la baie de Fundy et

qu'il comporte des petits fonds, il est le siège de forts courants de marée, dont la vitesse va d'environ 0,2 mètre à la seconde (m/s) sur les flancs à plus de 1,0 m/s sur la crête. En un seul cycle de la marée, l'eau effectue un mouvement elliptique sur des distances qui atteignent plus de 15 km.

Sur des échelles temporelles plus longues, on observe un mouvement persistant de l'eau selon une dextro-rotation alentour de la plus grande partie du banc, à des vitesses d'environ 0,1 à 0,2 m/s, mais de 0,2 à 0,4 m/s le long du bord nord. Cette rotation partielle s'intensifie en été et en au automne, mais elle « fuit » et produit un échange important avec les eaux avoisinantes. Elle peut être interrompue temporairement par des phénomènes épisodiques comme les tempêtes et l'intrusion des eaux annulaires du Gulf Stream.



Courants de marée (heures)



Circulation saisonnière moyenne

L'eau et les matières qu'elle contient demeurent généralement sur le banc pendant des périodes de 20 à 80 jours. Les matières présentes dans la colonne d'eau inférieure ou celles qui sont libérées sur la partie centrale du banc demeurent sur ce dernier plus longtemps, alors que celles qui se trouvent près de la surface ou qui sont libérées près du bord du banc y restent moins longtemps. Dans la partie canadienne du banc, l'eau et les matières séjournent moins longtemps que dans l'ensemble du banc. Les matières libérées à grande profondeur dans la colonne d'eau de la crête du pic Northeast en hiver et au printemps sont celles qui restent en place le plus longtemps. Du printemps à l'automne, le mouvement tourbillonnant remet en circulation les matières et les organismes se trouvant en deçà de l'isobathe de 80 m alentour du banc, le circuit étant effectué en environ 50 jours.

Les forts courants créent sur la crête une zone où les eaux sont bien brassées, du fond à la surface, à longueur d'année. Cela est inhabituel dans les eaux du large. Sur les côtés du banc et dans la plupart des secteurs avoisinants, l'eau se stratifie en été en couches supérieures chaudes et couches inférieures froides. Entre les eaux brassées et les eaux stratifiées de façon saisonnière se trouve un front de brassage maréal, comportant un niveau intermédiaire de brassage vertical, une circulation en tourbillon accentuée et une zone de convergence en surface. On sait que les fronts de ce genre sont des zones importantes de bioproduction.

En raison du niveau élevé de brassage turbulent et du cisaillement des courants sur le banc Georges, les taux de dispersion et de dilution des matières ont tendance à être relativement élevés. Toutefois, pour ce qui est des matières et des organismes situés

près de la surface de la mer, le phénomène peut être atténué en partie par la concentration des effets des zones de convergence sur le front de marée et sur la partie centrale du banc. De la même manière, il peut y avoir près du fond des convergences associées aux dunes hydrauliques et à d'autres reliefs du fond qui peuvent réduire les taux de dispersion à l'échelle locale.

En résumé, le milieu physique du banc Georges comporte à la fois des éléments dispersifs, comme les forts courants et le brassage vertical, et des éléments de rétention, comme le tourbillon partiel et les zones de convergence en surface. L'effet net de ces influences contradictoires sur le mouvement et la concentration des matières et des organismes dépend du lieu, de la position verticale dans la colonne d'eau, de la période de l'année, de l'effet des tempêtes et des eaux annulaires du Gulf Stream (Gulf Stream rings), ainsi que des échelles spatiales et temporelles considérées.

Sédiments superficiels et transport des sédiments

Le plancher marin du banc Georges est constitué surtout de sables et de graviers déposés pendant les périodes glaciaires. Ces sédiments ont été déplacés par les forts courants et une bonne partie des sédiments plus fins ont été transportés hors du banc. Les sédiments restants sont déplacés, à intervalles irréguliers, en mouvements divers à allure de vagues. Les matières les plus fines sont mises en suspension et sont redistribuées par les mouvements de l'eau. Les plus grosses particules sont déplacées le long du fond par le charriage du sol occasionné par les forts mouvements de l'eau à proximité du fond. Ce phénomène est particulièrement évident sur la crête centrale, où les formes en relief, comme les dunes et les rides, atteignent des dizaines de mètres de hauteur.

Un aspect important des incidences possibles des activités d'exploration pétrolière réside dans les mouvements de l'eau et des particules, d'origine soit naturelle soit anthropique, à proximité du fond marin. Cette partie de la colonne d'eau est appelée couche limite benthique et elle diffère des eaux supérieures par ses forts gradients verticaux dans la vitesse des courants et par une plus forte concentration de matières en suspension. Sur le banc Georges, la couche limite benthique peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, mais les plus grands changements se manifestent souvent juste à une hauteur de deux mètres au-dessus du fond marin. Le tri vertical des particules, combiné aux forts courants, occasionne une dispersion par cisaillement, les particules soulevées à des hauteurs différentes au-dessus du fond marin étant transportées horizontalement à des rythmes différents.

Production biologique

Le banc Georges est un des écosystèmes du large les plus productifs du monde. La production de phytoplancton et de ressources halieutiques y est plus élevée que dans les eaux avoisinantes du golfe du Maine. La forte production phytoplanctonique est liée aux régimes de circulation qui apportent des quantités importantes de matières nutritives dans les eaux de moindre profondeur, où la lumière du soleil favorise la croissance pendant une période plus longue que dans les eaux adjacentes. Les taux de croissance de la morue et de l'aiglefin sur le banc Georges sont considérablement plus élevés que ceux des autres stocks des mêmes espèces de l'Atlantique Nord-Ouest. Le Banc Georges se distingue par le fait que ses populations

d'organismes benthiques sont dominées par les grands filtreurs. Les pétoncles, les mactres d'Amérique et les quahogs nordiques représentent les trois-quarts de la biomasse des gros organismes benthiques. L'importance des filtreurs est liée à la haute production primaire et aux fortes concentrations de nourriture dans la couche limite benthique. Jusqu'à 15 % de la production primaire totale du banc est exportée au large de ce dernier, dans les eaux plus profondes. Ces dernières alimentent des populations de homard de haute mer et de nombreux poissons démersaux en hiver.

Biodiversité

Le banc Georges est une zone de transition biogéographique pour le plancton, les organismes benthiques et les poissons assujettis aux influences à la fois des eaux subpolaires et des eaux subtropicales. Ainsi, le banc se trouve à la limite sud de l'aire de distribution des espèces de poisson de fond tempérées du Nord et à la limite nord des espèces de poisson de fond tempérées du Sud. Environ 100 espèces de poisson de fond sont régulièrement capturées dans des relevés au chalut entre le cap Hatteras et le cap Chidley, Une soixantaine de ces espèces ont été trouvées dans la zone visée par le moratoire. C'est dire que la biodiversité du banc Georges est élevée par comparaison à celle des zones contiguës de l'Atlantique Nord-Ouest.

Espèces d'importance commerciale

L'examen a porté essentiellement sur les principales espèces d'importance commerciale, parce que ce sont celles que nous connaissons le mieux.

Pétoncle : Le pétoncle géant est actuellement l'espèce du banc qui revêt la plus grande valeur commerciale. Ce bivalve benthique relativement immobile est présent dans divers secteurs du banc, mais c'est sur le pic Northeast qu'il est le plus abondant.

Ce filtreur dépend pour se nourrir du phytoplancton et de certains détritus remis en suspension. Sa reproduction a lieu surtout entre la fin d'août et octobre, mais on observe aussi une petite période de reproduction de mai à juin. Les larves sont très abondantes dans la colonne d'eau à des profondeurs de 60 à 100 m, dans les mêmes eaux où les adultes abondent eux aussi. Toutefois, on trouve des pétoncles à des profondeurs s'échelonnant entre 35 et 120 m. Le pétoncle préfère les fonds de sable et de gravier, mais il se fixe aussi sur les fonds sablonneux jonchés de débris de coquilles. Une fois implanté sur le fond, l'animal est sédentaire.

Homard : Le homard est présent sur le banc Georges ainsi que sur le talus et dans le bassin adjacents. C'est dans les canyons du talus extérieur qu'il est le plus abondant et, dans une moindre mesure, le long du bord nord-est du banc. Sur le banc Georges, la majorité des homards matures entreprennent l'été des migrations annuelles entre les eaux profondes (300-700 m) et petits fonds où ils viennent muer, se reproduire et amener leurs oeufs à éclosion. Les larves éclosent sur le banc en juin et juillet et restent dans la colonne d'eau environ un mois avant de se fixer et de muer au fond dans leur première phase benthique.

La population de homard du golfe du Maine se compose de diverses sous-populations liées par les migrations des larves et des adultes. On ne sait toutefois rien de la contribution éventuelle des larves du banc Georges à d'autres parties du golfe du Maine, et réciproquement.

Aiglefin : Le banc Georges entretient une population d'aiglefin, dont les adultes se concentrent sur le pic Northeast au printemps et migrent vers les eaux profondes du bord et des talus du banc en été et en automne. Le frai a lieu surtout de mars à avril. Les oeufs et les larves sont planctoniques. Les premiers abondent essentiellement dans la partie nord-est du banc Georges. Au fur et à mesure qu'elles se développent, elles se distribuent depuis le pic Northeast le long du flanc sud du banc. L'aiglefin est un poisson qui se nourrit sur le fond, habituellement de crustacés, de mollusques et de vers annelés.

Morue : Le banc Georges abrite une population de morue, dont les adultes se concentrent eux aussi sur le pic Northeast au printemps. Il a été prouvé que cette population entretient des échanges considérables avec d'autres parties du banc Georges et le sud du plateau néo-écossais. Le frai culmine en février et mars; les oeufs et les larves sont planctoniques. Aux premiers stades de son cycle biologique, la morue a une distribution comparable à celle de l'aiglefin, quoique un peu plus vaste. Les grandes morues consomment avant tout du poisson, mais également des mollusques et des crustacés.

Goberge : La goberge du banc Georges fait partie d'une population qui commence au sud du banc, s'étend à la baie de Fundy et atteint le plateau néo-écossais. Le frai a lieu d'octobre à mars. Les oeufs, qui sont planctoniques, sont présents surtout sur le bord nord du banc. La goberge se nourrit de krill, de hareng, de lançon et de merlu argenté.

Limande à queue jaune : Le banc Georges abrite également une population de limande à queue jaune, dont les adultes fréquentent surtout la partie sud du pic Northeast. Le frai est à son plus fort en mai et produit des oeufs et des larves planctoniques. Il a lieu surtout dans la partie canadienne du banc. Les larves sont présentes dans la moitié sud du banc d'avril à août. La limande à queue jaune se nourrit sur le fond, de polychètes, d'amphipodes et d'autres invertébrés.

Hareng : Le hareng de l'Atlantique est le poisson pélagique d'importance commerciale le plus abondant sur le banc. Bien qu'une bonne partie du stock vienne hiverner dans les eaux du large au sud de Cape Cod, on trouve des harengs adultes et des harengs juvéniles sur le banc à longueur d'année. Au début du printemps, le hareng qui a migré revient sur le banc, où il demeure l'été pour se nourrir. Le frai a lieu entre septembre et novembre, surtout le long du bord nord depuis le chenal Great South jusqu'au pic Northeast. Ces dernières années, on a observé une activité de frai dans la partie centrale située près de la frontière internationale, qui représente la limite sud du territoire visé par le moratoire. Le hareng produit des oeufs démersaux, qui adhèrent au substrat de gravier et de galet. Ces oeufs éclosent en 10 à 12 jours. Après leur éclosion, on peut trouver des larves, planctoniques, dans la colonne d'eau sur la totalité du banc pendant 4 à 5 mois. Les poissons adultes semblent quitter le banc peu de temps après le frai.

Maquereau : Le maquereau adulte fréquente le banc Georges pendant environ un mois au printemps et en automne, durant sa migration annuelle de frai vers le golfe du Saint-Laurent et son retour vers les eaux du sud.

Thons et espadon : Les eaux du plateau et les eaux de pente du banc Georges fournissent un important habitat à plusieurs grands poissons pélagiques en quête de nourriture (espadon et thons, dont le thon

rouge, le thon ventru, l'albacore à nageoire jaune et le germon), dans les migrations saisonnières qu'entreprennent ces poissons pour s'alimenter le long du bord du plateau continental. Bien qu'on capture peu de ces poissons sur le banc, plus de 25 % de leurs débarquements canadiens proviennent du territoire visé par le moratoire. De plus, les espadons et thons rouges immatures sont attirés l'été sur le banc par l'abondance des proies.

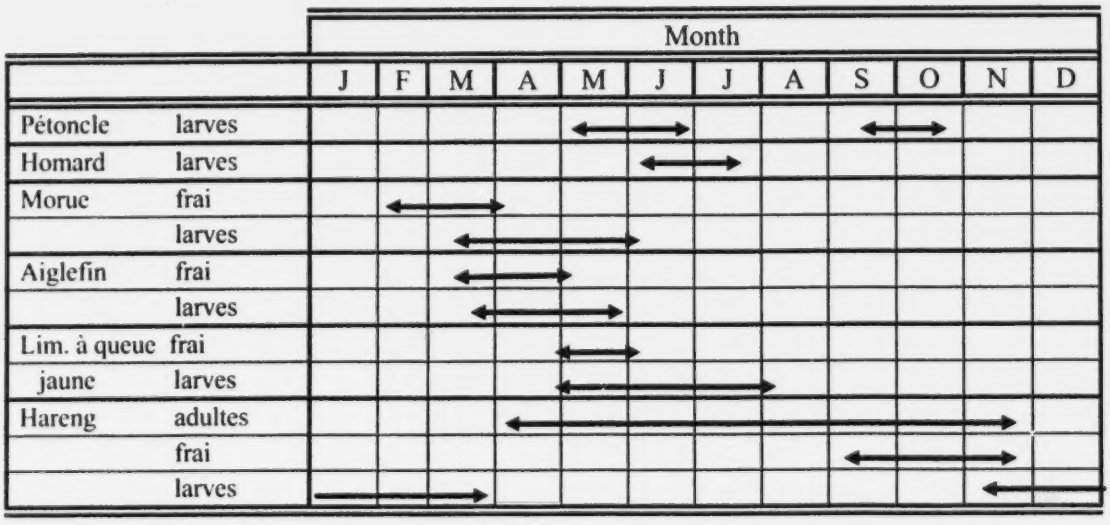
Requins : Dix espèces de requin fréquentent le banc Georges. L'aiguillat commun est la plus abondante d'entre elles. Il est présent en grand nombre du début du printemps à la fin de l'automne. Le requin-taupe commun traverse surtout le banc dans sa migration annuelle en direction nord, mais on pense qu'il hiverne et met bas sur le banc à la fin de l'hiver et au début du printemps. On croit que le requin-pélerin, qui est présent dans le golfe du Maine, y compris sur le banc Georges, durant tout l'été, vient s'accoupler sur le banc.

Encornet : Les États-Unis ont pratiqué la pêche commerciale de l'encornet nordique et du calmar d'Amérique dans le golfe du Maine. Les deux espèces migrent sur des distances considérables et ne sont présentes dans le golfe du Maine qu'en été et en automne. Leur abondance dans le golfe du Maine varie énormément d'une année à l'autre, en raison de la courte longévité et de la nature très nomade de ces espèces.

Utilisation saisonnière du banc

Les espèces susmentionnées passent une partie ou la totalité de leur vie sur le banc. Pour un bon nombre d'entre elles, le frai est une période très délicate, durant laquelle leurs oeufs, puis leurs larves, sont exposés aux perturbations naturelles et anthropiques. En raison de la diversité des organismes qui fréquentent le banc, cette zone est utilisée presque à longueur d'année comme habitat de reproduction.

Périodes de pointe approximatives des activités ou stades biologiques de certaines espèces commerciales sur le banc Georges.



Autres espèces dignes d'intérêt

Outre les espèces d'importance commerciale, de nombreuses autres font partie de l'écosystème et ont des interactions biologiques au sein de ce dernier. Certaines, comme le lançon, représentent des proies essentielles. D'autres sont utiles pour des raisons non commerciales, comme la baleine franche, les tortues de mer et les coraux. Il est question ci-après des mammifères marins. Faute d'expertise suffisante, certains éléments de l'écosystème ont été exclus du présent examen. Il convient de prêter attention, en particulier, aux oiseaux de mer, qui sont une composante majeure de l'écosystème du banc Georges et peuvent être sensibles aux activités à l'étude. On dispose d'assez de connaissances sur les oiseaux de mer dans la région considérée et il y a lieu d'étudier les répercussions éventuelles de l'exploration sur cet élément important et sensible de l'écosystème.

Mammifères marins : Le banc Georges est utilisé par plus de deux douzaines d'espèces de baleine et par quatre espèces de phoque. Parmi ces derniers, seul le phoque gris est présent fréquemment sur le banc. Ses juvéniles et ses adultes viennent y chercher de la nourriture en été et en automne. La reproduction a lieu sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent. Quant aux baleines, dauphins et marsouins, on n'en trouve qu'un petit nombre de façon saisonnière sur le banc, qui n'est un point central de distribution pour aucune d'elles. L'aire de distribution de ces espèces, qu'on observe en toute saison, déborde largement le territoire visé par le moratoire. Le tableau suivant résume l'abondance saisonnière des espèces les plus courantes.

Abondance saisonnière relative des cétacés les plus courants sur le banc Georges (adapté de Kenney *et al.* 1997).

	Saison			
Espèce	Hiver	Printemps	Été	Automne
Baleine franche		+	+	
Rorqual commun	+	++	+	+
Rorqual boréal	+	++	+	+
Petit rorqual		+++	+	
Rorqual à bosse		+	+	+
Cachalot macrocéphale	+	+	++	+
Baleine à bec commune		+		
Baleines à bec		+	+	+
Globicéphale noir	+	+++	+++	+
Dauphin de Risso		+	++	++
Dauphin à gros nez	+	++	++	+
Dauphin à flancs blancs	+	++	+++	+++
Dauphin commun	+++	++	+	+++
Dauphin bleu		+	++	++
Dauphin tacheté			+	+
Marsouin commun	+	+++		

+, ++, +++ faible, moyenne et forte abondance, respectivement

On s'inquiète particulièrement de la baleine franche, dont la population ne compte qu'environ 300 animaux et qui est menacée de disparition. La baleine franche traverse la région durant ses migrations vers ses aires d'alimentation d'été et d'hiver. Ses principales aires d'alimentation se trouvent à l'ouest, au nord et à l'est du territoire visé par le moratoire. On ne sait pas dans quelle mesure ce territoire fait régulièrement partie de leurs migrations, mais le fait est qu'on a observé des baleines franches dans le chenal Northeast en juin et en juillet et sur le banc en janvier. Les collisions avec les gros navires et l'emprisonnement dans les filets de pêche représentent des menaces importantes pour cette espèce.

Activités de pêche

Le banc Georges est une des zones de pêche les plus importantes de l'Atlantique Nord. Il alimente une pêche très diversifiée, qui produit des débarquements de pétoncle, de homard, de poisson de fond ainsi que de grands et de petits pélagiques. La valeur des débarquements annuels récents du Canada et des États-Unis dépasse les 100 millions de dollars. Les flottes nationales et étrangères ont intensifié leur pêche après la Seconde guerre mondiale, laissant de nombreux stocks au bord de l'effondrement. Récemment, après avoir établi leur zone économique de 200 milles et à la suite du règlement de leur différend au sujet de la frontière internationale, le Canada et les États-Unis ont tous deux mis sur pied des programmes de gestion pour rétablir les stocks. Bien que certains de ces derniers restent faibles ou en soient encore à se reconstituer, ceux de pétoncle et de homard sont en bon état. Toutefois, de façon générale, les stocks de poisson de fond demeurent fragiles et en état d'épuisement. Pour faciliter le rétablissement de la biomasse des poissons de fond, la pêche dans ces stocks a été assujettie à de faibles quotas et à des saisons de fermeture.

Les rendements globaux de la pêche sont considérablement inférieurs à ceux qu'on pourrait escompter si les stocks se rétablissaient. On en trouvera ci-après des exemples pour certaines des ressources halieutiques les plus lucratives. Les méthodes d'estimation du rendement possible de la pêche et l'incertitude associée à l'estimation varient en fonction de l'espèce.

Ressource	Rendement possible (t)	Rendement actuel (t)
Pétoncle[1] (chairs)	6 000	4 100
Homard[2]	800	1 300
Morue[2]	20 000	3 500
Aiglefin[2]	45 000	2 900
Limande à queue jaune[2]	13 700	1 800
Hareng[2]	100 000	2 900

[1] – Débarquements canadiens
[2] – Débarquements canadiens et américains

Spécificité du banc Georges

L'écosystème du banc Georges présente une très grande diversité biologique et comporte de nombreuses caractéristiques océanographiques et biologiques distinctes. Ces traits combinés font du banc Georges un écosystème marin unique, aux composantes suivantes

- un vaste plateau peu profond qui subit l'influence des masses d'eau et organismes subpolaires et subtropicaux, aboutissant à une grande biodiversité d'espèces;

- des courants de marée forts et persistants, occasionnant de forts taux de brassage, une abondance de matières nutritives et une grande dispersion;
- un tourbillon partiel, qui fournit un mécanisme de remise en circulation et de maintien prolongé sur place d'une portion des eaux du banc pendant une partie de l'année;
- un système frontal saisonnier s'accompagnant d'un accroissement de la dérive alentour du banc, du surélèvement de la production phytoplanctonique et de zones de convergence en surface pouvant occasionner une concentration des organismes;
- une forte productivité en phytoplancton et en poisson;
- un nombre relativement grand de ressources halieutiques à valeur commerciale sur le pic Northeast, dont des invertébrés benthiques, comme le pétoncle et le homard, qui dominent, en valeur, les débarquements;
- la présence simultanée sur le pic Northeast de zones de frai et d'alevinières de nombreuses espèces.

On dispose de bonnes connaissances et descriptions de la plupart des caractéristiques susmentionnées, mais on connaît mal leurs interrelations ainsi que la dynamique globale et les causes de la résilience de l'écosytème. Si les caractéristiques uniques du banc Georges donnent matière à inquiétude particulière en ce qui concerne les incidences d'éventuelles activités pétrolières, on ne sait au juste si elles rendent l'écosystème plus sensible ou moins sensible à ces incidences.

Activités d'exploration et leurs incidences possibles

Exploration sismique

Les activités d'exploration sismique et leurs incidences possibles sur le plateau néo-écossais ont été résumées dans un document d'évaluation établi pour l'Office Canada - Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers (Davis *et al.* 1998). On dispose de relativement peu de données scientifiques au sujet des incidences possibles des travaux sismiques sur les organismes marins. Récemment, l'industrie a organisé à ce sujet une conférence, dont le rapport n'est pas encore disponible. D'après l'évaluation susmentionnée, on s'attend à ce que les préoccupations portent sur les points suivants :

- les déplacements du poisson, comme l'évitement possible d'habitats de prédilection et les changements dans la capturabilité;
- le comportement du poisson, comme les incidences possibles sur le frai;
- les déplacements et le comportement des baleines;
- la mortalité éventuelle des oeufs et des larves planctoniques.

Les effets de l'exploration sismique sur les déplacements du poisson pourraient nuire aux pêches commerciales du poisson de fond. Pendant la période des relevés, les pêcheurs seraient privés d'accès aux zones directement visées par ces relevés. Le comportement du poisson s'en trouverait perturbé, ce qui risquerait d'affecter la capturabilité.

On s'attend à ce que les effets mortels soient limités aux organismes des premiers

stades biologiques qui s'approchent, dans un rayon de 1 à 2 mètres, de la source sonore. Par conséquent, les incidences seront faibles et seront limitées aux stocks de poisson dont les organismes des premiers stades biologiques vulnérables se trouvent dans la partie supérieure de la colonne d'eau. Les pratiques acceptables qui consistent à planifier les travaux de manière à éviter les pics de l'activité de frai devraient réduire au minimum les incidences possibles. Toutefois, il y aurait lieu d'utiliser prudemment cette approche sur le banc Georges, car tel qu'indiqué ci-dessus, diverses parties du banc sont le siège d'une activité de frai pendant la majeure partie de l'année.

Forage exploratoire

Le forage exploratoire est nécessaire pour confirmer la présence des produits pétroliers et gaziers évalués lors des relevés sismiques. Il fait appel à l'utilisation d'une plate-forme de forage pendant une période qui dure habituellement plusieurs mois. Les sources possibles d'incidences lors des travaux de forage habituels sont les suivantes

- infrastructure, notamment mouvements des navires, ancres, câbles, débris, éclairages et sons;
- privation temporaire d'accès aux zones de pêche;
- les rejets opérationnels courants;
- les rejets accidentels.

La présente évaluation des incidences est fondée sur un scénario de forage exploratoire faisant appel à une plate-forme explorant 3 ou 4 puits, chaque puits nécessitant de 3 à 4 mois de travail.

Privation d'accès : La plupart des incidences de l'infrastructure dans la phase d'exploration seront temporaires. Les activités d'exploration priveraient les pêcheurs d'accès à une partie des lieux de pêche tant que la plate-forme de forage est sur place. L'étendue de la zone d'exclusion dépend du type de plate-forme de forage (semi-submersible, plate-forme autoélévatrice ou bateau foreur), mais il s'agira d'une zone de 500 à 1 000 m de rayon alentour du site.

Rejets opérationnels : On traite ici de deux types de rejets opérationnels : les débris et les boues de forage. Les débris sont constitués de morceaux de roche, de la grosseur approximative des grains de sable, provenant du forage. Les boues de forage sont des mélanges de diverses matières utilisées dans le forage essentiellement pour sceller le trou de forage et lubrifier le trépan. Ces rejets risquent d'avoir à la fois des effets mortels et des effets sublétaux sur la biote marine. Les boues à base d'eau serviraient durant la phase exploratoire. La réglementation canadienne actuelle autorise les rejets courants des déchets de forage pendant le forage exploratoire au moyen de boues à l'eau.

L'effet le plus direct pour l'écosystème est l'étouffement des organismes benthiques par les débris qui pourraient s'accumuler sous la plate-forme de forage. Comme les particules de ces débris sont de taille relativement grande, elles se déposent rapidement et cet effet tend à être localisé. D'après l'expérience et les observations à d'autres sites d'exploration et de production, on s'attend à ce que toute mortalité due aux effets physiques ou toxiques des débris soit confinée à une zone située dans un rayon de moins de 0,5 km de la plate-forme de forage. En raison des forts courants sur le banc, la pile de

débris ne devrait pas subsister plus de deux mois après la cessation du forage.

Un modèle numérique élaboré récemment pour le transport de la couche limite benthique (*tclb)* fournit des estimations du déplacement et des concentrations de la boue de forage à diverses hauteurs au-dessus du fond marin et à diverses distances d'un site de rejet. D'après un scénario réaliste fourni par l'industrie pétrolière, on a effectué des simulations par modèle d'un rejet total de boue de 468 tm pendant les 93 jours d'activité sur un puits exploratoire, cela pour différents sites et différentes saisons sur le banc Georges.

Les simulations de modèle et les études exhaustives de vulnérabilité révèlent que les phénomènes qui influent sur la concentration des boues de forage dépendent beaucoup de la profondeur de l'eau, de la force des courants à certains endroits du banc Georges et de la vitesse de sédimentation des particules de boue dans la colonne d'eau. Les plus fortes concentrations à proximité du fond, et par conséquent les incidences possibles des boues de forage sur le benthos, se situent dans la zone stratifiée relativement profonde décrite précédemment, en raison des taux relativement faibles de suspension, de dispersion et de dérive. Les plus basses concentrations près du fond se trouvent dans la zone de brassage de la partie supérieure du banc, où la suspension et la dispersion sont élevées. Les concentrations intermédiaires se situent dans la région frontale.

Les recherches récentes du MPO ont été axées sur les effets biologiques des déchets de forage sur le pétoncle géant, qui est l'espèce de plus grande valeur commerciale sur le banc Georges. Les travaux réalisés comprenaient la modélisation du mouvement de l'eau et des matières sur le banc et des études en laboratoire de la vulnérabilité des pétoncles adultes aux boues de forage. Compte tenu de la nature de la phase exploratoire dans la production d'hydrocarbures extracôtiers, le risque d'incidences provenant des activités de forage est plus élevé pour les organismes benthiques sessiles, comme le pétoncle. Les estimations des concentrations à proximité du fond d'après les simulations de rejets ainsi que les résultats des expériences en laboratoire permettent d'estimer les incidences possibles sur les pétoncles adultes.

Les expériences en laboratoire ont révélé que des mortalités surviennent lorsque les pétoncles adultes sont en présence de concentrations de bentonite de 10 mg/l pendant des périodes de 30 jours. Les simulations du modèle *tclb* fournissent des estimations de la durée des fortes concentrations de boue de forage près du fond, alentour des sites de rejet dans différentes régions du banc Georges. C'est dans la région stratifiée que subsistent le plus longtemps les concentrations de plus de 10 mg/l; elles durent jusqu'à 9 jours sur le site de rejet dans cette région et tombent à 3 jours à 5 km en aval lorsque la vitesse de sédimentation est relativement élevée. Dans la région frontale, leur présence dure au plus 1 jour sur le site de rejet. Ces chiffres révèlent qu'une importante mortalité des populations de pétoncle provenant des rejets de boues de forage est peu probable dans le cas d'un puits d'exploration situé sur le banc Georges.

Effets sublétaux des rejets opérationnels : Les recherches récentes sur le pétoncle géant ont révélé que la croissance et la reproduction des pétoncles adultes sont extrêmement sensibles aux déchets de

forage particulaires, du fait des caractéristiques physiques et chimiques de ces déchets. On a utilisé les réactions biologiques aux principales constituantes des boues à l'eau, le bentonite et la barytine, avec les prédictions de concentrations de boue près du fond découlant du modèle *tclb*, pour prédire l'étendue spatiale et temporelle des zones d'incidence alentour de sites de forage exploratoire hypothétiques sur le banc Georges. Le champ d'incidences prévu dépendait largement de la vitesse de sédimentation des déchets de forage. On a établi une estimation prudente de ces zones d'incidence en se fondant sur une vitesse de sédimentation relativement élevée.

Le modèle *tclb* révèle que la diminution de la croissance des pétoncles est la plus élevée au point de rejet et qu'elle diminue rapidement dans toutes les directions à quelques kilomètres de ce dernier. Le modèle dénote aussi un mouvement de dérive primaire s'éloignant du site de rejet, le long duquel l'incidence diminue plus lentement sur des distances de 10 à 40 km. L'étendue de la zone d'incidence dépend de la profondeur de l'eau et des conditions océanographiques sur place.

Estimations des jours de croissance perdus par les pétoncles en raison du rejet des boues de forage selon le modèle *tclb*. Les estimations sont fournies pour deux vitesses de sédimentation différentes dont on a établi la moyenne pour des zones circulaires ayant trois rayons différents à partir du point de rejet. Les densités relatives des pétoncles dans les régions considérées sont également indiquées.

Rayon (km)	Vitesse de sédimentation (cm/s)	Région de brassage	Région frontale	Région stratifiée
0,5	0,1	0	0	5
	0,5	2	15	40
2,0	0,1	0	0	3
	0,5	1	6	19
10,0	0,1	0	0	2
	0,5	0	3	11
Densité relative des pétoncles		Faible	De moyenne à forte	De faible à forte

Un plus grand stress au fond et une dispersion plus forte dans la région de brassage de la partie supérieure du banc aboutissent à des prévisions de concentrations de déchets près du fond qui sont très faibles. Cette zone n'abrite pas de stocks de pétoncle d'importance commerciale et il est fort peu vraisemblable que des incidences mesurables sur la croissance des pétoncles s'y produisent. La zone frontale contient la majorité des stocks de pétoncle du banc et c'est dans cette zone que les pertes de croissance prédites par le modèle sont maximales; calculées selon une moyenne le long du mouvement de dérive primaire, elles se chiffrent à moins de cinq jours pendant le forage d'un puits exploratoire.

La zone où les incidences possibles sur la croissance sont les plus élevées se trouve le long du banc, dans les eaux stratifiées à des profondeurs supérieures à 100 m, tel qu'indiqué ci-dessus. La modélisation révèle que des incidences sont possibles dans cette zone jusqu'à 40 km du site de rejet, dans le sens de la dérive primaire. Les concentrations prévues à cette distance pourraient être suffisamment élevées pour empêcher la croissance des pétoncles pendant plusieurs semaines durant le scénario de puits d'exploration simulé. Les stocks de pétoncle du long du banc tendent à être moins denses que ceux de la région frontale, mais on trouve des concentrations de ce mollusque en divers endroits du bord nord-est.

Selon les prédictions découlant du modèle, une perte allant jusqu'à 10 à 20 jours de croissance dans le potentiel de reproduction pourrait réduire l'efficacité de la reproduction des pétoncles de 5 à 10 % sur une superficie de 100 à 200 km^2 sur le côté du banc. Il est difficile de prévoir comment cela influerait sur le recrutement des pétoncles à la pêche, mais dans une région où les stocks de pétoncle sont de moyens à élevés, il est possible que l'effet soit important. Toutefois, comme le révèle le tableau ci-dessus, il est probable que les incidences soient moindres que celles qui sont décrites ici. Il convient de noter que les prédictions du modèle se rapportent spécifiquement au rejet de boues à base d'eau contenant des proportions égales de bentonite et de barytine. Des différences dans la toxicité et le transport des boues de forage, ou un changement dans la période de rejet des déchets peut aboutir à des incidences différentes sur les stocks de pétoncle.

Dans les champs pétrolifères extracôtiers existants, on a observé une altération occasionnelle du poisson et des invertébrés, essentiellement durant la phase de production et lorsque des boues à l'huile ont été utilisées et libérées dans l'environnement. Le risque d'altération ne devrait pas inquiéter beaucoup pendant des travaux usuels d'exploration, en particulier si on utilise des boues de forage à l'eau.

Rejets accidentels : Les déversements accidentels sont le plus souvent dus à l'erreur humaine et sont davantage associés au transport de produits pétroliers et à l'exploitation de navires qu'à l'exploration des hydrocarbures extracôtiers. Un déversement en provenance de la plate-forme de forage ou d'un navire ravitailleur est toujours possible, mais sa probabilité et son étendue éventuelle durant la phase d'exploration ne sont pas supérieures à ce qu'on pourrait attendre d'un déversement dû au trafic maritime général dans la région.

Comme dans toute opération de forage, d'exploration ou de production, il y a un faible risque d'important déversement d'hydrocarbures dans l'environnement par suite d'une éruption incontrôlée. Bien qu'on recommande de prendre toutes les précautions pour éviter un tel phénomène, la probabilité subsiste. En pareil cas, toutes les composantes de l'écosystème seraient vulnérables. En raison de la concentration, à certains stades de développement, de diverses espèces sur le pic Northeast et de la présence de zones de convergence, il existe un risque qu'une éruption, même relativement petite, puisse avoir des incidences sur une partie importante de la population. Les oiseaux de mer qui fréquentent le banc Georges seraient particulièrement vulnérables à un déversement d'hydrocarbure. Par ailleurs, il faudrait aussi porter une attention particulière à un déversement accidentel de

produits pétroliers en période de forts vents persistants du Sud, car il pourrait occasionner une dérive des nappes superficielles vers le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse.

Sommaire : Dans les scénarios considérés, les rejets opérationnels dans la colonne d'eau et sur le plancher océanique du banc Georges auraient certaines incidences sur les organismes locaux, voire sur l'écosystème. On s'attend à ce que ces incidences soient limitées dans l'espace à une petite zone (de quelques kilomètres sur le plateau du banc à des dizaines de kilomètres sur le côté du banc) située dans le voisinage immédiat et en aval de la plate-forme de forage, cela pendant une période relativement courte (de quelques jours à quelques mois). Plus particulièrement, il pourrait y avoir une perte importante de croissance des pétoncles si les boues de forage étaient libérées dans des zones où ceux-ci sont présents en forte densité. L'ampleur de cette perte dépendra de la période à laquelle surviennent les rejets et des propriétés de ces derniers. Il existe des modèles, fondés sur des expériences en laboratoire, qui peuvent servir à quantifier les incidences possibles sur les pétoncles et à évaluer toute activité particulière d'exploration proposée si le moratoire n'était pas prolongé.

Puits d'exploration multiples

Comme le pic Northeast a une superficie relativement petite et une productivité élevée, et qu'il est le siège d'une forte activité de pêche, le nombre de puits de forage qui serait utilisé dans l'exploration serait un facteur déterminant dans les incidences possibles. Si actuellement on pense qu'une seule plate-forme serait utilisée pour forer successivement de 3 à 4 puits, des circonstances futures pourraient aboutir à des scénarios faisant intervenir plus d'une plate-forme de forage à la fois, comme cela s'est produit sur la partie américaine du banc en 1981-1982. Le régime général de courants tend à distribuer l'eau et les particules à grande échelle dans tout l'écosystème. L'endroit et la période choisis pour les activités de forage joueraient un rôle crucial dans la détermination des incidences possibles.

Incidences à distance

Il est manifeste que les composantes biologiques apportent une contribution aux stocks d'autres zones. Cela est certainement vrai des espèces qui traversent le banc dans leurs migrations, comme les grands mammifères marins et poissons pélagiques. C'est peut-être le cas également du hareng, de la morue et du homard. Ces situations méritent la prudence et tout examen d'activités d'exploration doit envisager les liens entre l'écosystème du banc Georges et des zones plus éloignées comme le golfe du Maine, la baie de Fundy et l'ouest du plateau néo-écossais. On s'attend à ce que les incidences à distance soient moindres que les incidences locales.

Autres préoccupations associées à la production

L'évaluation et l'examen décrits ici n'ont porté que sur les activités d'exploration pétrolière. On n'a pas procédé à un examen des activités de production, inconnues pour le moment, et de leurs incidences possibles. Il est toutefois important de noter que de nombreux aspects de la production risquent d'avoir des incidences sur l'écosystème marin. Certaines des activités de la phase de production sont

identiques à celles de l'exploration, mais se déroulent à plus grande échelle. D'autres sont propres à la production et à la mise en valeur. Par comparaison avec la phase d'exploration, les éléments à considérer sont les suivants :

- infrastructure supplémentaire, par exemple présence de plates-formes supplémentaires ou différentes pendant plus longtemps;
- nouvelle infrastructure, comme les pipelines;
- composition différente des boues de forage;
- rejets supplémentaires, par exemple effluents et biocides;
- privation d'accès aux lieux pendant la durée des activités;
- déversement possible d'eau de production;
- torchage.

Incertitudes

Comme dans le cas d'évaluations complexes, de nombreuses incertitudes sont associées aux divers aspects de l'examen. Toutefois, le banc Georges a été et continue d'être une des régions océaniques du monde les plus étudiées. Son océanographie physique, en particulier, est généralement bien décrite et bien comprise, si bien qu'il existe maintenant des modèles de dispersion et de circulation numériques qui fournissent des descriptions quantitatives réalistes des effets des courants moyens saisonniers et des courants de marée ainsi que des caractéristiques uniques indiquées ci-dessus. Ses ressources biologiques sont également bien décrites en général et un bon nombre de leurs liens avec le milieu physique et d'autres niveaux trophiques ont été établis.

Toutefois, les connaissances sont incomplètes dans de nombreux domaines, par exemple le rôle des perturbations épisodiques sur le régime physique, certaines relations prédateur-proie ainsi que la dynamique générale et la résilience de l'écosystème.

De récentes études de laboratoire concernant les propriétés et la dispersion des boues de forage, et leurs incidences sur les stocks de pétoncles du banc Georges, fournissent une importante base de connaissances pour estimer les incidences possibles sur les populations de pétoncle. Le fort brassage par les marées et les gros sédiments naturels de la partie canadienne du banc rendent très plausibles les prédictions de dispersion du modèle, selon lesquelles les déchets de forage seraient rapidement dilués dans la couche limite benthique. La plupart des approximations découlant du modèle sont prudentes, en ce qu'elles sous-estiment la dispersion et, de ce fait, surestiment les concentrations de boues de forage, d'où une confiance générale de modérée à forte dans les prédictions de dérive, de dispersion et de concentration des boues. La confiance est plus élevée en ce qui concerne la zone de brassage et la zone frontale, où la dispersion et la suspension sont à leur plus fort, et également les lieux où les gisements de pétoncle sont plus denses, soit dans la zone frontale. La confiance dans la prédiction est moins grande pour ce qui est de la zone stratifiée qui borde les gisements de pétoncles les plus denses, où la dispersion et la suspension sont plus faibles.

La dispersion des boues de forage dans l'océan est un phénomène complexe qu'on ne comprend pas entièrement et à propos duquel il n'y a pas d'observations adéquates pour valider de façon rigoureuse

un modèle de dispersion. Par conséquent, il y a un petit risque que les concentrations de boues de forage soient supérieures aux prévisions du modèle de dispersion actuel, mais on estime cela peu probable, sauf dans les parties plus profondes éloignées des gisements de pétoncles.

On ne sait pas au juste quelles seront l'ampleur et la nature des incidences des rejets de forage sur l'écosystème. On a effectué des études approfondies sur la toxicité aiguë et sublétale des boues de forage pour les pétoncles adultes et on a procédé à un nombre limité de tests sur le pétoncle géant, le homard et l'aiglefin aux premiers stades de leur cycle biologique. On croit que des espèces et stades biologiques seront les plus vulnérables. On n'a toutefois pas évalué les effets mortels et sublétaux possibles des rejets opérationnels sur d'autres ressources marines du banc Georges, ni sur l'ensemble de la structure et de la fonction de son écosytème.

Une bonne partie de l'examen porte sur les conditions moyennes, tant en ce qui concerne l'océanographie physique que les populations biologiques et la météorologie. En réalité, il peut y avoir des écarts importants par rapport aux moyennes, qui influeraient sur l'évaluation des incidences possibles.

Conclusions

Le banc Georges comporte diverses caractéristiques propres dont la combinaison aboutit à un écosystème marin unique. Les travaux d'exploration sismique usuels pourraient avoir une incidence importante sur le comportement du poisson adulte, risquant, par exemple, d'influer sur les taux de prises de la pêche et sur la reproduction; ils pourraient aussi avoir un effet très localisé sur les larves de poisson, selon la période et l'endroit. Les activités habituelles de forage exploratoire n'auront vraisemblablement que des effets localisés sur les composantes de l'écosystème examinées. Les incidences réelles dépendront de l'endroit et de la période où se déroulent les activités, ainsi que des propriétés des rejets. Il existe une faible probabilité d'incidences sur les populations et sur l'écosystème.

On perdra temporairement l'accès aux lieux de pêche pendant les relevés sismiques et pendant le forage exploratoire. La zone totale à laquelle on ne pourrait accéder lors du forage est relativement petite. La privation d'accès due aux relevés sismiques dépendra de la période et de l'endroit où auront lieu les relevés ainsi que des types d'engin de pêche utilisés. C'est en été que le risque de conflits est le plus grand, alors que la pêche est à son plus fort et que les conditions météorologiques propices aux relevés sismiques sont optimales.

Comme dans toute activité d'exploration ou de production d'hydrocarbures, il existe une faible probabilité de déversement majeur de produits pétroliers dû à une éruption incontrôlée, qui pourrait avoir un effet sur l'écosystème ou sur les populations. La technologie actuelle réduit cette probabilité, mais la plupart des éruptions sont la conséquence d'une erreur humaine, facteur difficile à maîtriser autrement que par la formation exigée par la réglementation canadienne.

La présente évaluation ne traite pas des incidences possibles d'activités de production, mais on s'attend à ce qu'elles diffèrent de celles qui ont été envisagées pour la phase exploratoire. Il existe tout un éventail de scénarios de production qui

dépendent de nombreux facteurs, comme le produit exploité, le marché, la technologie disponible et les meilleures pratiques en usage au moment de la production. Les incidences possibles dépendront, dans une large mesure, du scénario de production appliqué.

Pour obtenir de plus amples renseignements,

communiquer avec :

Paul Keizer
Pêches et Océans Canada
Division des sciences du milieu marin
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (N.-É.), B2Y 4A2

Tél. : (902) 426-6138
Fax : (902) 426-6695
Courriel: keizerp@mar.dfo-mpo.gc.ca

Références

Boudreau, P.R. (ed.). 1998. The possible environmental impacts of petroleum exploration activities on the Georges Bank ecosystem. MPO, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/170.

Davis, R.A., D.H. Thomson and C.I. Malme. 1998. Environmental Assessment of Seismic Exploration on the Scotian Shelf. Office Canada – Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers. Halifax.

Gordon, D.C. (Ed). 1988. An Assessment of the Possible Environmental Impacts of Exploratory Drilling On Georges Bank Fishery Resources. Rapp. techn. can. des scienc. halieut. et aquat. n° 1633: iv + 31p.

Kenney, R.D., G.P. Scott, T.J. Thompson and H.E. Winn. 1997. Estimates of prey consumption and trophic impacts of cetaceans in the USA northeast continental shelf ecosystem. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 22: 155-171.

Autres lectures suggérées

Backus, R.H. and D.W. Bourne. 1987. Georges Bank. The MIT Press, Cambridge Massachusetts. P 593.

On peut se procurer des exemplaires du rapport à l'adresse suivante :

Processus consultatif régional des Maritimes
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 1006, succursale B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
CANADA B2Y 4A2
Téléphone : 902-426-7070

C. élec : myrav@mar.dfo-mpo.gc.ca

English version is available on request at the above address.

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO 1998. Incidences environnementales possibles des activités d'exploration pétrolière sur l'écosystème du banc Georges. MPO Maritimes, Rapport régional sur l'état de l'habitat 98/2F.